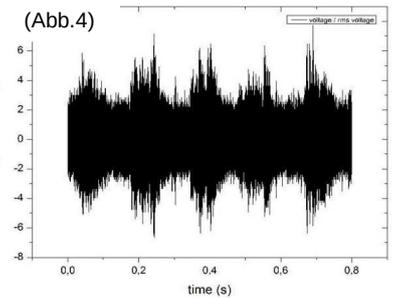
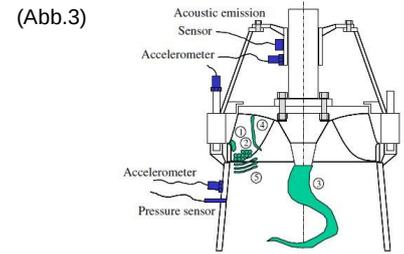
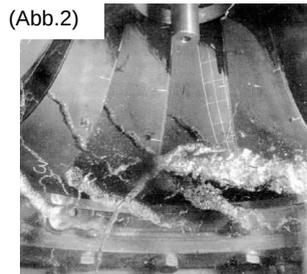
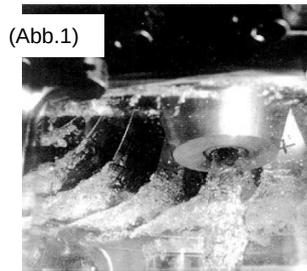


Kavitation in Turbinen

Kavitation tritt in Turbinen in vielen Erscheinungsformen auf (Abb. 1 u. 2). Die strömungstechnische Auslegung von Turbinen ist hoch entwickelt. Ähnlich wie bei Pumpen gibt es eine Kennzahl (THOMA-Zahl), die das Auftreten von Kavitation anzeigt. Allerdings sind die Erscheinungsformen der Kavitation in Turbinen konstruktionsbedingt sehr viel vielfältiger als in Pumpen.

Typischerweise eignen sich Beschleunigungssensoren, angebracht am Gehäuse, für das Monitoring von Kavitation (Abb. 3). In dieser Arbeit verwenden wir Zeitreihen, aufgezeichnet mit einem AE-Sensor, um die Kavitation an Turbinenschaufeln zu untersuchen (Abb.4).

(Abb. 1 u. 2) Kavitationserscheinungen an einer Francis Testturbine in verschiedenen Betriebspunkten. (Abb. 3) Positionierung von Accelerometer-Sensoren. (Abb. 4) Rohdatenstream (Abtastrate 4 MSa/s).



Erfassung von Kavitation mit Körperschall

Mit Einsetzen der Kavitation kommt es zur Bildung von Kavitationsblasen an den Strömungsabrisskanten der Laufräder. Dabei bilden sich Blasenfelder, die an den Laufradschaufeln anhaften und den Sensor mit der Drehzahl frequenz passieren.

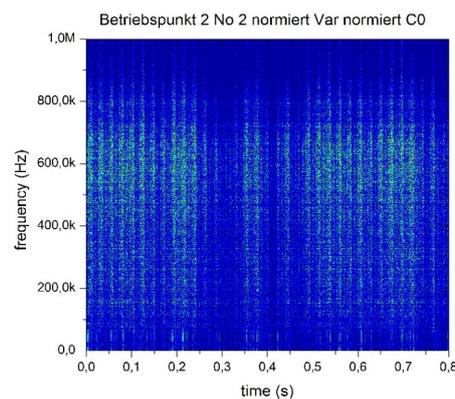
Der Sensor verfügt über eine hohe Frequenzbandbreite und Signaldynamik. Die Signale wurden mit einem Hochpassfilter (100 kHz) gefiltert, sodass ein akustisches Fenster für das durch die Blasenimplosionen entstehende hochfrequente Kavitationsrauschen entsteht. Die Daten werden im Frequenzraum ausgewertet (s. Abb. 5). Das Spektrogramm zeigt die akustischen Schatten der an den Schaufeln anhaftenden Blasenfelder. Wenn die Kavitationsintensität steigt wachsen die Blasenfelder zusammen.

Bis heute gibt es kein absolutes Maß für die Kavitationsintensität. Um dennoch ein relatives Maß der Kavitationsintensität zu erhalten wurden die normierten Spektrogrammdateien (Abb. 5) mathematisch bearbeitet (Faltung u. Mittelung) und eine effektive Kennzahl zur relativen Quantifizierung der Kavitationsintensität gebildet (Abb.6 u. 7).

Die Unterschiede in der relativen Kavitationsintensität ist in den beiden Betriebspunkten deutlich zu erkennen.

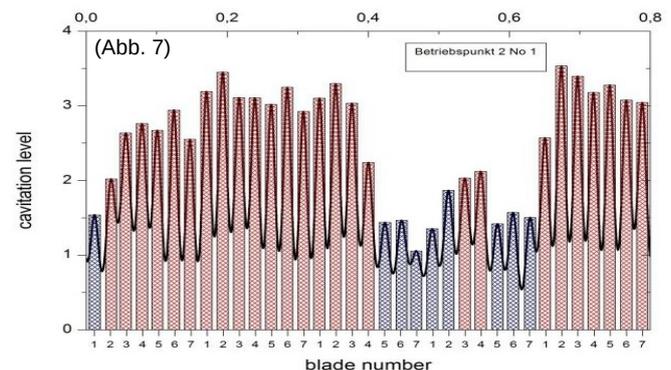
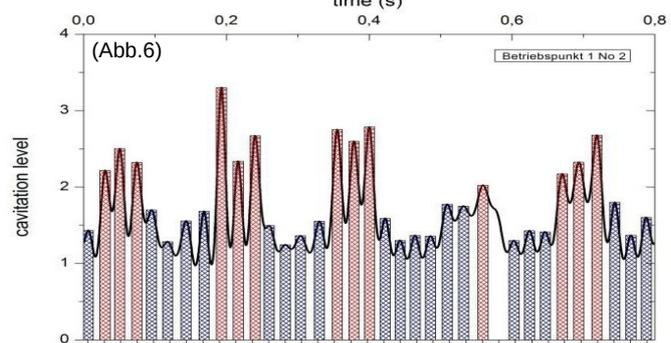
Fazit

Das akustische Verfahren bietet die Möglichkeit, mit einem nichtinvasiven Verfahren die Kavitationsintensität in Strömungsmaschinen zu charakterisieren und damit auch im Hinblick auf die Kavitationsdynamik präzise Aussagen machen zu können. Das Verfahren eignet sich gleichermaßen für Entwicklungs- /Auslegungszwecke wie auch für das Monitoring von Turbinen im laufenden Betrieb.



(Abb. 5)

Normiertes Spektrogramm des Zeitsignals. Deutlich erkennbar die akustischen Schatten der an den Turbinenschaufeln anhaftenden Blasenfelder.



Kavitationsintensitätslevel an den Turbinenschaufeln in zwei verschiedenen Betriebspunkten. Abb. 6 Geringe Kavitationsneigung. Abb. 7. Hohe Kavitationsneigung.